

# eSmart Machines- ja Älykkäät ohjaukset moderneissa energiajärjestelmissä -hankkeiden työpaja

- Työkoneen etäohjauksen ja reitin seuraamisen testialusta

Marko Rantonen  
Lehtori – autotekniikka  
marko.rantonen@tuni.fi

24.5.2023

# Työkoneen etäohjaus

24.5.2023

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



# Etäohjaus

## Tausta:

- Työkoneen etäohjauksella tarkoitetaan pääasiassa näköyhteyden sallimissa rajoitteissa tapahtuvaa liikkeen tai työlaitteiden kaukokäyttöä
- Kommunikaatio koneen ja ohjaimen välillä voi tapahtua esimerkiksi 433MHz tai 2,4GHz – taajuuksilla tai voidaan hyödyntää mobiilidataa (4G, 5G)

## Etäohjaus mahdollistaa:

- Työkoneen turvallisen käyttämisen vaarallisissa ja haitallisissa ympäristöissä
- Työtehokkuuden parantuminen
- Tarkka työlaitteiden ohjaus

## Koneen turvallinen operointi on kriittistä:

- Koneen tulee täyttää mm. koneturvallisuuden standardit

# Etäohjauksen testialusta

- Hankkeessa toteutetaan Avant e6 sähköhydrauliseen pientyökoneeseen etäohjaus radiolinkin avulla
- Etäohjausta varten koneeseen vaaditaan mahdollisuus liikkeiden sähköiseen ohjaamiseen: eteen, taakse, vasemmalle, oikealle
- TAMK toteuttaa Avant e6:n alkuperäisen ohjausjärjestelmän rinnalle kytkettävän laitteiston sekä etäkäyttäjälle radio-ohjaimen
- TAMKin ohjausjärjestelmään toteutetaan joustava rajapinta, jonka kautta etäkäytön testaaminen erilaisilla toimilaitteilla onnistuu joustavasti
- Työhydrauliikan etäohjaus on myös mahdollista lisätä

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

24.5.2023 | 4

# Etäohjauksen testialustan toteutus

## AVANT e6- OHJAUS- JÄRJESTELMÄ

- Alkuperäinen järjestelmä: invertterit, moottorit, anturit, akku...

## TAMKin OHJAUSJÄRJESTELMÄ

- Kommunikaatio
- Ohjausparametrit
- Valvonta
- Turvarajat...



## KONEOHJAUS

- Eteen
- Taakse
- Oikealle
- Vasemmalle

## RAJAPINTA

- CANopen, J1939, mA, V...

## VASTAANOTIN

- 2,4GHz



## ETÄOHJAAJAN KAUKO-OHJAIN

- 2,4GHz



# Etäohjauksen testialustan mahdollisuudet

1. Kauko-ohjaimien toiminnan tutkiminen esim. taajuudet, kantamat, esteherkkyys
2. Käyttökohteiden tutkiminen esim: sisätilat, vaikeakulkuinen maasto, laboratorio
3. Konekohtaisten säätöparametrien vaikutus käyttäjäkokemukseen
4. Uusien käyttötapauksen koekäyttö ja havainnointi työkoneiden etäohjauksessa
5. Ohjausjärjestelmäkehitys

*Kestävä kasvua ja työtä -ohjelma*

**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
2014–2020



**Euroopan unioni**  
Euroopan aluekehitysrahasto

24.5.2023 | 6

# GPS-reitin seuraaminen työkoneissa

24.5.2023

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# GPS-reitin seuraaminen

## Tausta:

- Reitin seuraamisella pyritään ohjaamaan työkone mahdollisimman tarkasti ennalta ohjelmoitua virtuaalista polkua
- Reitin seuraaminen voidaan toteuttaa esim. kuljettajaa avustavasti jolloin nopeuden säätö jää kuljettajan tehtäväksi
- Reittiä seuratessa työkone ei automaattisesti havainnoi ympäristöään
- Pohjautuu usein paikannukseen esim. GPS-satelliitteja hyödyntämällä

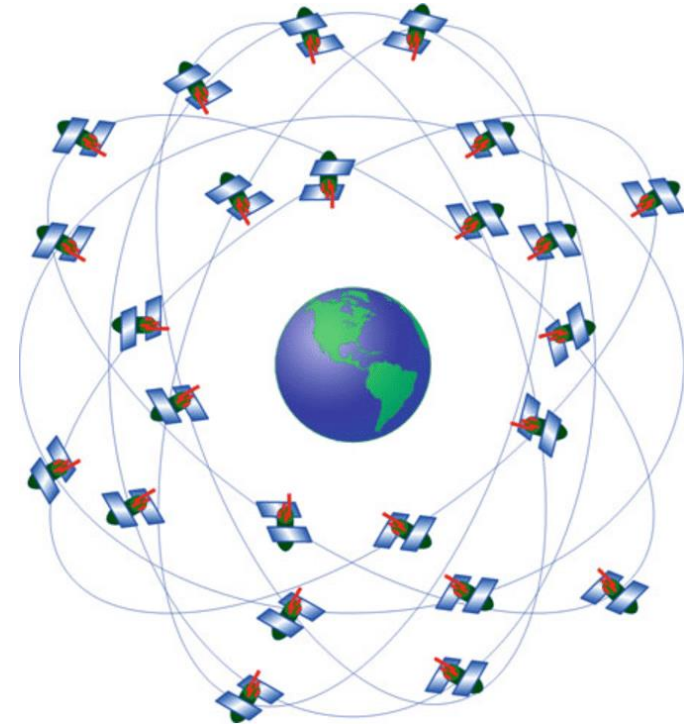
## Reitin seuraaminen mahdollistaa:

- Tarkka reitin seuraaminen kiinnostaa esimerkiksi seuraavanlaisissa sovelluksissa:
  - Maatalouskäyttö esim viljelyssä
  - Maansiirtokäytössä tarkkuuden ja toistettavuuden maksimointi
  - Ohjelmoitu ja turvallinen paluureitti esim työmailla
  - Henkilöautojen autonomisten järjestelmien testaus sekä tieliikenteessä osajärjestelmänä
  - Alueiden kartoituksessa ja skannauksessa toistotarkkuuden parantaminen
  - Sisälogistiikka



# GPS-tarkkuus ja RTK-korjaus (1/2)

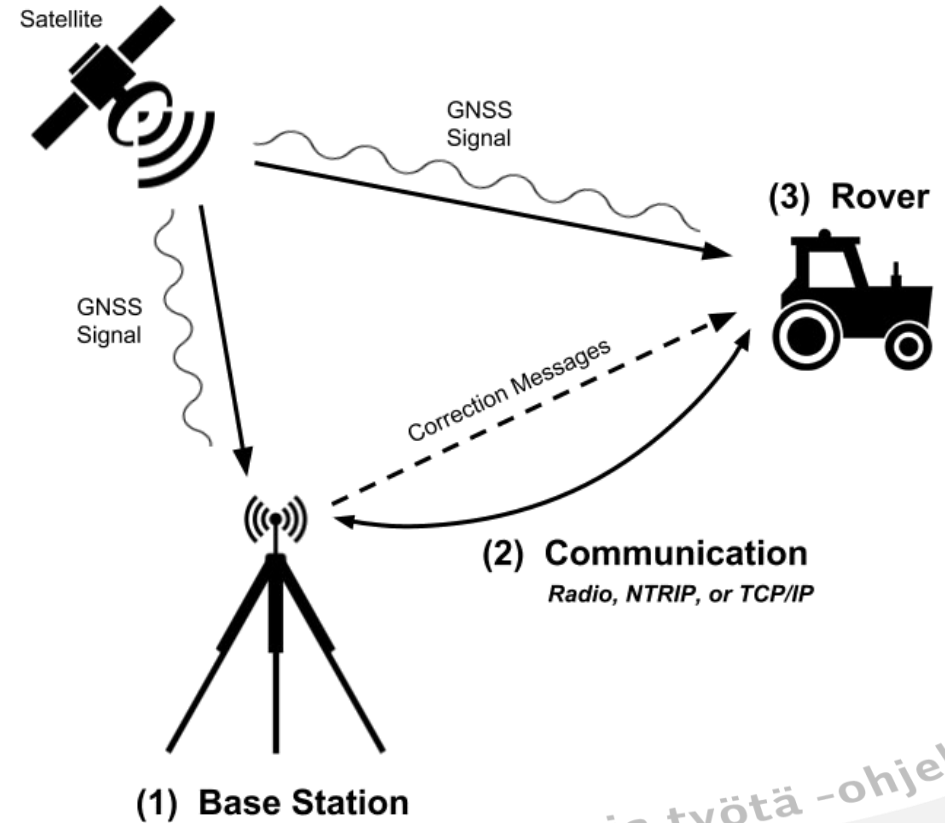
- GPS-paikannus perustuu satelliittien lähettämään signaaliin ja niiden tulkintaan vastaanottimessa
- GPS:ää voidaan käyttää paikkatiedon lisäksi myös tarkkaan nopeuden määrittämiseen (doppler-ilmiö)
- GPS:n tarkkuus riippuu mm. satelliittien määrästä ja laitteistosta
- Tyypillisesti perus GPS:n tarkkuus on metriluokkaa
- Satelliittipohjainen navigointi voi pohjautua yhteen tai useampaan: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou (yhteinen nimi GNSS, Global Navigation Satellite System)



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# GPS-tarkkuus ja RTK-korjaus (2/2)

- GPS:n paikannustarkkuutta voidaan parantaa kiinteällä maa-asemalla, joka lähettää liikkuvalla vastaanottimelle korjaussignaalia
- Parhaimmillaan RTK-korjaussignaalilla pystytään parantamaan GPS:n paikannustarkkuutta senttimetriluokkaan
- Korjaussignaalin sisältävää järjestelmää kutsutaan usein D-GPS (differential GPS) tai RTK-GPS (real time kinematic)-nimillä
- Maa-aseman voi toteuttaa itse tarkkaan paikalliseen säätöön tai sen voi hankki palveluna (esim. maanmittauslaitos)
- Korjaussignaalin lähettäminen liikkuvaan työkoneseen tapahtuu esim: radiolinkillä, NTRIP-protokollan kautta tai tietoverkon yli



# GPS-reitin seuraamisen testialusta

- Avant e6 sähköhydrauliseen työkoneeseen asennetaan kaksi erilaista järjestelmää GPS-reitin seuraamisen tutkimusta ja kehittämistä varten:

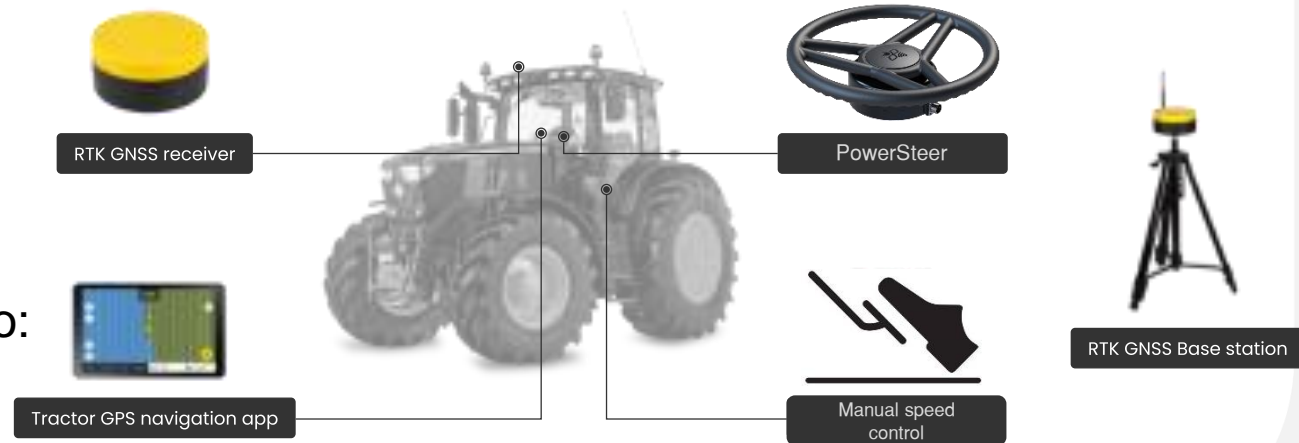
1. Kaupallinen laitteisto: moottoroitu ratin kääntö, GPS-vastaanotin ja RTK-tukiasema

Laitteiston valmistaja: FieldBee

2. Avoimeen lähdekoodiin perustuva laitteisto: ratin kääntö hydrauliventtiilillä, GPS-vastaanotin, RTK-tukiasema

Laitteisto pohjautuu AgOpenGPS-projektiin

- Järjestelmä ohjaa työkonetta ennalta ohjelmoidun reitin perusteella ilman havainnointia



# GPS-reitin seuraamisen testialustan toteutus

## AVANT e6-OHJAUS-JÄRJESTELMÄ

- Alkuperäinen järjestelmä: invertterit, moottorit, anturit, akku...

## RATIN KÄÄNTÄMINEN

- Moottoroitu ratti tai
- Hydraulinen ohjaus

## OHJAINLAITE JA GPS

- Paikannus
- Turvakytkimet

## KÄYTTÖLIITTYMÄ

- Reitin ohjelmoiminen ja muokkaaminen
- Kuljetun reitin tallentaminen
- Korjaussignaalin vastaanottaminen (IP-verkko)

## SATELLIITIT

- GPS, GLONASS, Beidou

## RTK-KORJAUS

- Lokaali maaseema (wifi)
- NTRIP
- Ei korjausta

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

24.5.2023 | 12

# GPS-reitin seuraamisen testialustan mahdollisuudet

1. Reitin seuraamisen tarkkuus: eri laitteistojen vertailu, toistotarkkuus, käyttöolosuhteet, rajoitteiden määrittäminen
2. Satelliittipaikannuksen tarkkuus: GPS, GLONASS, Beidou, Galileo
3. RTK-signaalin vaikutus paikannustarkkuuteen: lokaali maa-asema, NTRIP, ilman RTK-korjausta
4. Avoimen lähdekoodin järjestelmän ”rajoitteeton” kehitys
5. Uusien käyttötapauksien koekäyttö ja havainnointi työkoneiden etäohjauksessa

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

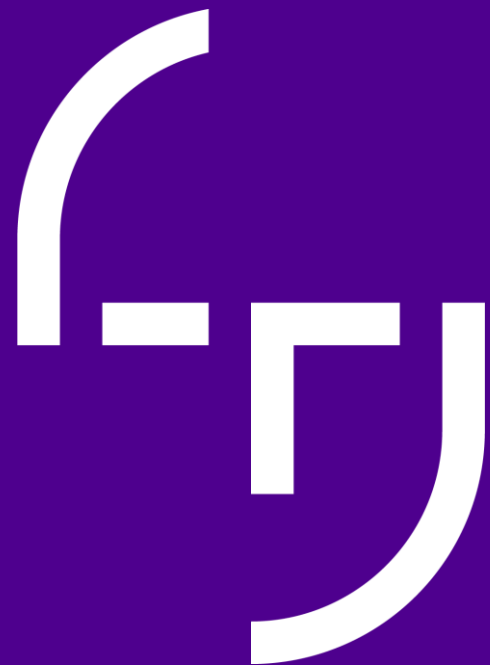
24.5.2023 | 13



## Yhteenveto

*”Hankkeen päätavoitteena on muodostaa ja kehittää Pirkanmaalle sähköisten älykkäiden liikkuvien työkoneiden ja hyötyajoneuvojen osaamiskeskittymää kokoava verkottunut **TKI- ja demonstraatio-testbed** sekä toteuttaa yrityksille kattavat **demonstraatiot ja workshopit** tässä ympäristössä”*

HANKKEEN PÄÄTAVOITTEEN MUKAISESTI TAMK ON HANKKINUT **SÄHKÖISEN LIKKUVAN TYÖKONEEN** SEKÄ LUOTU SEN YMPÄRILLE **TKI-TESTBEDIN/TESTAUSALUSTAN** ETÄKÄYTÖN SEKÄ TARKAN REITIN SEURAAMISEN TUTKIMISEEN JA DEMONSTROIMISEEN



**Ihminen  
ratkaisee.**